

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-358005

(43)Date of publication of application : 26.12.2001

(51)Int.Cl.

```

H01F  1/26
B22F  1/00
H01F  1/22
H01F  1/24
// C22C 38/00

```

(21)Application number : 2000-176207

(22)Date of filing : 13.06.2000

(71)Applicant : DAIDO STEEL CO LTD

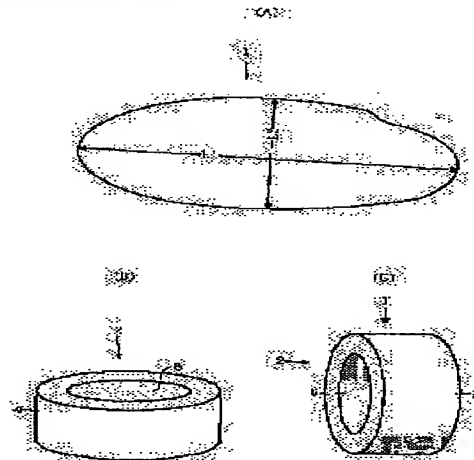
(72)Inventor : TAKEMOTO SATOSHI
SAITOU TAKANOBU

(54) ATOMIZED SOFT MAGNETIC POWDER AND DUST CORE USING IT

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide atomized soft magnetic powder excellent in molding and to provide a dust core with small core loss and high magnetic permeability which is easily manufactured with it.

SOLUTION: Soft magnetic atomizing powder 1 manufactured by an atomizing method is provided whose ratio between major axis L1 and minor axis L2, $L1/L2$, is 1.3–2.5, with the powder of average particle size 30 μm or less being 40 wt.% or above while that of 5 μm or less being 10 wt.% or less. A particle size D50 is 50 μm or less when the powder is integrated sequentially starting with small size up to 50 wt.% of the entire powder.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード(参考)
H 0 1 F 1/26		H 0 1 F 1/26	4 K 0 1 8
B 2 2 F 1/00		B 2 2 F 1/00	Y 5 E 0 4 1
H 0 1 F 1/22		H 0 1 F 1/22	
1/24		1/24	
// C 2 2 C 38/00	3 0 3	C 2 2 C 38/00	3 0 3 T
審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 5 頁)			

(21) 出願番号 特願2000-176207(P2000-176207)

(22) 出願日 平成12年6月13日(2000. 6. 13)

(71) 出願人 000003713

大同特殊鋼株式会社

愛知県名古屋市中区錦一丁目11番18号

(72) 発明者 武本 聡

愛知県一宮市森本4丁目14-12 エスポワ
ール森本203号室

(72) 発明者 斉藤 貴伸

愛知県岡崎市板屋町216-1

(74) 代理人 100098615

弁理士 鈴木 学

Fターム(参考) 4K018 BA16 BB01 BB04 BD01

5E041 AA01 AA02 AA04 AA07 BB01

BB05 CA01 HB07 HB17 NN06

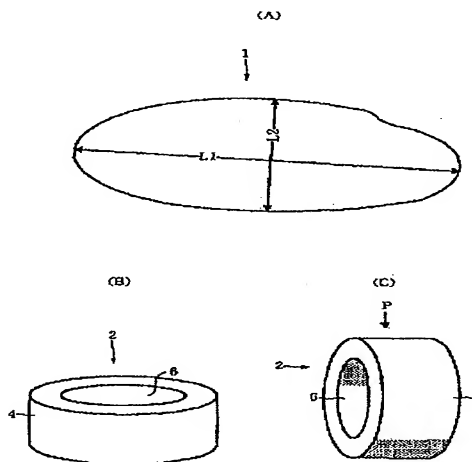
NN14 NN15

(54) 【発明の名称】 軟磁性アトマイズ粉末およびこれを用いた圧粉磁芯

(57) 【要約】

【課題】成形性に優れた軟磁性アトマイズ粉末と、この粉末を用いて容易に製造でき低コアロスで且つ高透磁率の磁気特性を有する圧粉磁芯とを提供する。

【解決手段】アトマイズ法により製造された軟磁性アトマイズ粉末であって、この粉末の長軸 L_1 と短軸 L_2 の比 L_1/L_2 が1.3～2.5の範囲内にあり、平均粒径が $30\mu\text{m}$ 以下の粉末が40wt%以上で且つ平均粒径が $5\mu\text{m}$ 以下の粉末が10wt%以下であると共に、上記粉末を小径のものから積算して粉末全体の50wt%に至った際における粒径 D_{50} が $50\mu\text{m}$ 以下である、軟磁性アトマイズ粉末1。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】アトマイズ法により製造された軟磁性アトマイズ粉末であって、上記粉末の長軸 L_1 と短軸 L_2 の比 L_1/L_2 が $1.3 \sim 2.5$ の範囲内にあり、平均粒径が $30 \mu m$ 以下の粉末が $40 \text{ wt}\%$ 以上で且つ平均粒径が $5 \mu m$ 以下の粉末が $10 \text{ wt}\%$ 以下である、ことを特徴とする軟磁性アトマイズ粉末。

【請求項 2】前記粉末を小径のものから積算して、粉末全体の $50 \text{ wt}\%$ に至った際における粒径 D_{50} が $50 \mu m$ 以下である、ことを特徴とする請求項 1 に記載の軟磁性アトマイズ粉末。

【請求項 3】請求項 1 または 2 に記載の軟磁性アトマイズ粉末とバインダとを混合してプレス成形されたものであって、 100 kHz における透磁率 (μ') が 50 以上であり、且つ 100 kHz で 1 kG の磁界を印加した際のコアロス (P_c) が 400 kW/m^3 以下である、ことを特徴とする圧粉磁芯。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、軟磁性アトマイズ粉末およびこれを用いた圧粉磁芯に関する。

【0002】

【従来の技術】軟磁性の金属粉末をプレス成形することにより得られる圧粉磁芯は、例えば、スイッチング電源における直流出力側の平滑用チョークコイル、交流入力用ノーマルモードノイズフィルタ、或いは、力率改善用のアクティブフィルタ等の種々の電気部品に使用されている。上記圧粉磁芯を得るための軟磁性金属粉末の製造方法には、粉砕法およびアトマイズ法が知られている。上記粉砕法は、電解鉄、珪素鋼、 Fe-Si-Al 系合金、または Fe-Ni 系合金（パーマロイ）のインゴットを製造し、係るインゴットに機械的な衝撃を与えて当該インゴットを粉砕することにより、上記合金などの粉末を得る方法である。また、上記アトマイズ法は、水やガス等の流体を逆円錐形状に噴射した焦点位置に溶融金属を注下し、この溶融金属を微細な粉末にする水アトマイズ法またはガスアトマイズ法が知られている。

【0003】以上の各製造方法により得られた軟磁性金属粉末と、水ガラス等の無機系バインダまたはエポキシ系樹脂等の有機系バインダとを混合した後、係る混合物をプレス成形によって例えばリング（トロイダル）形状に成形することにより、前記圧粉磁芯が製造されている。ところで、軟磁性金属粉末の製造法のうち、前記粉砕法では、大気中で粉末を製造することに起因して、粉砕中に粉末の酸化が進行するため、係る粉末を用いて製造された圧粉磁芯の透磁率が低下し且つコアロス（鉄損）が増大する、という問題があった。また、前記アトマイズ法

のうち水アトマイズ法では、得られる粉末粒子の形状が著しく異形となるため、プレス成形して得られる圧粉磁芯中において、粉末同士が接触し易くなり絶縁性が低下する。このため、上記圧粉磁芯内における渦電流が増えるので、コアロスが増加する、という問題があった。

【0004】一方、前記ガスアトマイズ法では、非酸化性雰囲気中で粉末が製造されるため、粉末の酸化に伴う上記コアロスの増大を抑制できる。また、得られる粉末が略球形状となるため、圧粉磁芯にした際に粉末同士間の絶縁が確保し易く、渦電流が発生しにくくなるので、コアロスを低減することもできる。しかしながら、ガスアトマイズ法で得られた粉末粒子は略球形状となるため、プレス成形して得られる圧粉磁芯の製品密度を高められる反面、係る磁芯を成形した際における成形性（保形性）が低いと、圧粉磁芯の生産性および品質が低くなる問題があった。

【0005】

【発明が解決すべき課題】近年、圧粉磁芯の低損失化および小型化の要求が高まりつつある。このうち、低損失化に対しては、圧粉磁芯のコアロスを低減することが必要である。また、小型化の要求に対しては、圧粉磁芯の透磁率を増加させることが必要である。しかしながら、前述した軟磁性アトマイズ粉末の何れも、上記の各要求に十分応えられず、特に成形性（保形性）の低い粉末では、圧粉磁芯の生産性および品質の向上が図れない、という問題があった。本発明は、以上に説明した従来の技術における問題点を解決し、成形性に優れた軟磁性アトマイズ粉末と、この粉末を用いて容易に製造でき低コアロスで且つ高透磁率の磁気特性を有する圧粉磁芯と、を提供することを課題とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】本発明は、上記課題を解決するため、軟磁性粉末の粒子形状およびサイズを特定すること、に着目して成されたものである。即ち、本発明の軟磁性アトマイズ粉末は、アトマイズ法により製造された軟磁性アトマイズ粉末であって、この粉末の長軸 L_1 と短軸 L_2 の比 L_1/L_2 が $1.3 \sim 2.5$ の範囲内にあり、平均粒径が $30 \mu m$ 以下の粉末が $40 \text{ wt}\%$ 以上で且つ平均粒径が $5 \mu m$ 以下の粉末が $10 \text{ wt}\%$ 以下である、ことを特徴とする。

【0007】これによれば、粉末の長軸 L_1 と短軸 L_2 の比（アスペクト比） L_1/L_2 を規定してその形状を特定すると共に、係る粉末の粒径も大部分を小径とし且つ極めて微細な粒径のものを除いたため、程良い異形状で且つ比較的小径の軟磁性アトマイズ粉末となる。このため、上記粉末を成形して得られる圧粉磁芯では、一定高きの透磁率が安定して得られると共に、各粉末間に絶縁性がかなり確保され且つ係る磁芯の密度をかなり高められる。従って、上記粉末により得られる圧粉磁芯において、渦電流を減らしコアロスを低減できると共に、磁

芯の成形性(保形性)も向上するため、その生産性を高め且つ品質を安定させることができる。

【0008】尚、上記比 L_1/L_2 が1.3未満では、粉末の形状が球形に近付くため、圧粉磁芯を成形した際に成形性が低くなり、一方、上記比 L_1/L_2 が2.5を越えると上記コアロスが増え過ぎるため、係る範囲を除いたものである。また、上記アトマイズ法には、水アトマイズ法やガスアトマイズ法の他、両者を併用する特殊水アトマイズ法も含まれる。特に、上記範囲の比 L_1/L_2 を有する粉末を得るためには、特殊水アトマイズ法が好適である。この特殊水アトマイズ法には、水とガスの混合物を噴霧する方法、ガス噴霧した後に水噴霧する方法、および、ガス噴霧の直後に水で冷却する方法が含まれる。更に、上記粉末の粒径範囲を得るためには、例えばアトマイズ法により得られた粉末を分級する方法が用いられる。

【0009】また、前記粉末を小径のものから積算して、粉末全体の50wt%に至った際における粒径 D_{50} が $50\mu\text{m}$ 以下である、軟磁性アトマイズ粉末も含まれる。これによれば、粉末の前記異形状および粒径の小径レベルを保ちつつ、粉末全体の小径程度も一層確実に得ることができる。このため、係る軟磁性アトマイズ粉末を用いて成形される圧粉磁芯において、渦電流を更に減らし且つコアロスを一層低減できると共に、成形性(保形性)も高めることが可能となる。

【0010】一方、本発明の圧粉磁芯は、以上の軟磁性アトマイズ粉末とバインダとを混合してプレス成形されたものであって、 100kHz における透磁率(μ')が50以上であり、且つ 100kHz で 1kg の磁界を印加した際のコアロス(P_c)が $400\text{kW}/\text{m}^3$ 以下である、ことを特徴とする。これによれば、程良い異形の形状で且つ比較的小径の軟磁性アトマイズ粉末を用いてプレス成形されているため、上記の透磁率を安定して保有し、且つ上記のような低いコアロスの圧粉磁芯を提供することができる。尚、上記バインダには、絶縁材で且つ高温の熱処理に耐え得る無機系または樹脂等の有機系バインダが含まれる。また、プレス成形後の成形品は、焼鈍されることにより磁気特性を高められる。更に、圧粉磁芯として成形される形状には、トロイダル(リング)形、ドラム形、ボット形、カップ形、E形、E1形、ER形、EPC形などの形状が含まれる。

【0011】

【発明の実施の形態】以下において、本発明の実施に好適な形態を図面と共に説明する。図1(A)は、本発明による軟磁性アトマイズ粉末1を模式的に示す。この粉末1は、図1(A)に示すように、全体がやや細長い紡錘形を呈し、互いに直交する長軸 L_1 と短軸 L_2 とを有する。粉末1は、例えばFe-Si-Al系合金(センダスト：軟磁性金属)の溶湯を、水とガス(窒素またはAr)との混合物で噴霧する特殊水アトマイズ法により噴

化することにより、粉末1における長軸 L_1 と短軸 L_2 との比 L_1/L_2 を1.3~2.5の範囲内に納めることができる。図1(A)に示すような軟磁性アトマイズ粉末1を所要量用意し、100メッシュ以下のものに篩い分けた後、残った粉末1を30メッシュの篩により篩い分けた際に、平均粒径が $30\mu\text{m}$ の粉末1が40wt%以上になるようにする。また、5メッシュ以下のものを、ある程度篩い分けして取り除く。更に、レーザ散乱法により粉末1の粒径を順次測定して粒径 D_{50} を求めると共に、その際において粒径 D_{50} が $50\mu\text{m}$ 以下になるように、上記篩い等による分級を行う。

【0012】これによって、長軸 L_1 と短軸 L_2 の比 L_1/L_2 が1.3~2.5の範囲内にあり、平均粒径が $30\mu\text{m}$ 以下の粉末が40wt%以上で且つ平均粒径が $5\mu\text{m}$ 以下の粉末が10wt%以下であると共に、粉末(1)を小径のものから積算して、粉末全体の50wt%に至った際における粒径 D_{50} が $50\mu\text{m}$ 以下である、軟磁性アトマイズ粉末1を得ることができる。次に、上記粉末1に対し、水ガラス等のバインダを、約1~3wt%混合して攪拌する。場合により、得られた混合物を約100℃に加熱して乾燥しても良い。

【0013】更に、粉末1を含む上記混合物に対し、1wt%未満のステアリン酸亜鉛などの潤滑剤を添加して混合した後、図示しない成型型中に係る混合物を充填して、所定の形状にプレス成形する。この結果、図1(B)に示すように、例えばトロイダル(リング)形に成形された圧粉磁芯2が得られる。この磁芯2は、円筒形の本体4とその軸心に沿って貫通する中空部6とを有する。尚、上記潤滑剤は、プレス後における離型剤も兼ねている。次いで、上記磁芯2を約800℃に1時間程度加熱する焼鈍を施す。これによって、 100kHz における透磁率(μ')が50以上であり、且つ 100kHz で 1kg の磁界を印加した際のコアロス(P_c)が $400\text{kW}/\text{m}^3$ 以下となる磁気特性を有する圧粉磁芯2を得ることができる。

【0014】

【実施例】ここで、本発明の具体的な実施例を、比較例と共に説明する。Fe-9.6wt%Si-5.6wt%Alの軟磁性合金(センダスト)を、前記特殊水アトマイズ法によって粉末とした後、前記篩い分けによる分級を行った。これにより、表1に示すように、長軸 L_1 と短軸 L_2 との比 L_1/L_2 が1.3~2.5の範囲内にあり、平均粒径が $30\mu\text{m}$ 以下の粉末が40wt%以上で且つ平均粒径が $5\mu\text{m}$ 以下の粉末が10wt%以下であると共に、粉末1を小径のものから積算して、粉末全体の50wt%に至った際における粒径 D_{50} が $50\mu\text{m}$ 以下である、実施例1~7の軟磁性アトマイズ粉末1を得た。また、粒径 D_{50} 以外は上記の範囲にある実施例8の粉末1を別途用意した。尚、上記比 L_1/L_2 は、走査電子顕微鏡で粉末1を2次元的に観察し、その画像データを

画像解析することにより測定した。また、上記粒径 D_{50} はレーザ散乱法により測定した。

【0015】一方、上記と同じ軟磁性合金を、水アトマイズ法、ガスアトマイズ法、または特殊水アトマイズ法によって粉末とした後、適宜に分級を行い且つレーザ散乱法等を用いて、表1に示すような比較例1～4の軟磁性アトマイズ粉末を得た。次に、各例の粉末(1)に、バインダとして水ガラスをそれぞれ3wt%混合して攪拌した後、更に各例の混合物に対し、潤滑剤として0.5wt%のステアリン酸亜鉛をそれぞれ添加して混合した。更に、係る各例の混合物を図示しない成形型内に充填し、15トン/cm²の圧力で個別にプレス成形した。この結果、前記図1(B)に示すように、中空部6を有し外径28mm、内径20mm、および軸心に沿った高さが5*

*mmの内筒形の本体4からなるリング形の圧粉磁芯2を得た。これらの磁芯2も、元の粉末と同じ実施例1～8または比較例1～4とする。

【0016】各例の磁芯(2)を、真空中で800℃に1時間加熱する磁気焼鈍を施した。そして、各例の圧粉磁芯(2)に付き、周波数(f)が100kHzの場合における実効透磁率(μ')と、周波数(f)が100kHzで且つ磁束密度(B_m)が1kGのときにおけるコアロス(P_c)を常法により測定した。また、各例の圧粉磁芯(2)の成形性を判定するため、図1(C)に示すように、直径方向に圧力 P を加えて、破壊した際の荷重を測定して、圧環強度とした。これらの結果も表1に示した。

【0017】

【表1】

	噴霧法	L_1/L_2	30 μ m以下 (重量%)	5 μ m以下 (重量%)	平均粒径 (D_{50} : μ m)	コアロス(P_c) (kW/m^3)	透磁率(μ') (100kHz)	圧環強度 (N)
実施例 1	特殊水	1.5	65	0	30	330	62	81.3
" 2	"	2.0	65	0	30	360	71	100.9
" 3	"	2.3	65	0	30	375	75	119.6
" 4	"	1.8	65	8	30	385	70	96.0
" 5	"	2.2	45	0	35	380	73	116.6
" 6	"	1.9	100	0	23	308	68	95.1
" 7	"	2.0	70	0	42	389	74	99.0
" 8	"	2.0	50	0	60	565	79	130.3
比較例 1	ガス	1.1	65	0	30	315	45	30.4
" 2	水	2.6	65	0	30	779	95	139.2
" 3	特殊水	2.0	65	15	30	507	67	94.1
" 4	"	2.0	30	0	45	564	78	128.4

【0018】表1の結果によれば、実施例1～7の圧粉磁芯2は、何れもコアロスが300kW/m³レベルと低く、透磁率は62～75とやや高めの範囲にあると共に、圧環強度(成形性)も成形時の形状を保ち得る約80～120Nの範囲にあった。一方、比較例1の圧粉磁芯は、コアロスが最も少ない反面、前記比 L_1/L_2 が1.1であることにより粉末が略球形状となるため、透磁率と圧環強度の双方が低くなった。また、比較例2の圧粉磁芯は、透磁率および圧環強度が高い反面、前記比 L_1/L_2 が2.6であることにより、粉末が著しく異形の形状となるため、コアロスが全例中において最も多くなった。

【0019】更に、比較例3の圧粉磁芯は、5 μ m以下の粉末が15wt%と多いため、コアロスが約500kW/m³と高くなり、且つ透磁率はやや低くなった。加え

て、比較例4の圧粉磁芯は、透磁率と圧環強度の双方が高い反面、30 μ m以下の粉末が30wt%と少ないため、コアロスが約560kW/m³と高くなった。尚、実施例8の圧粉磁芯2は、透磁率および圧環強度が高く、粒径 D_{50} が60 μ mであるため、コアロスも約560kW/m³と高くなった。これにより、粒径 D_{50} を50 μ m以下とする実施例1～7の優位性が理解される。

【0020】以上のような各例の結果によれば、長軸 L_1 と短軸 L_2 の比 L_1/L_2 を前記の特定範囲とし、粒径の範囲を階層的に規定すると共に、粒径 D_{50} を小径にする本発明の軟磁性アトマイズ粉末と、これを用いた圧粉磁芯によれば、低コアロスで、高く安定した透磁率と優れた成形性(保形性)を発揮する、という効果が裏付けられたことが容易に理解される。尚、実施例8は、

前記請求項 1 の発明においては、その実施例となるが、前記請求項 2 の発明に対しては比較例となる。

【0021】本発明は、以上にて説明した実施の形態や実施例に限定されるものではない。例えば、軟磁性アトマイズ粉末に用いる金属は、前記 Fe-Si-Al 系合金に限らず、電解鉄、珪素鋼、または、Fe-Ni 系合金などを用いても良い。尚、Fe-Ni 系合金のパーマロイには、例えば Fe-Ni-Mo 系合金のモリブデンパーマロイが含まれる。また、上記軟磁性金属を粉末にするアトマイズ法には、溶湯をガスで噴化した後、直ちに水で冷却する方法や、ガス噴霧した後で水噴霧する方法も含まれる。更に、上記粉末と混合するバインダには、前記水ガラスのような無機系のものに限らず、シリコン樹脂やエポキシ系樹脂などの有機系バインダを用いることもできる。尚、シリコン樹脂を用いる場合には、架橋剤として有機チタンを更に混合することが望ましい。尚、プレス成形の直前に添加される潤滑剤には、前記ステアリン酸亜鉛の他に、ステアリン酸やステアリン酸アルミニウム等の高級脂肪酸、ワックス等の有機系のもの、二硫化モリブデン等の無機系のものも適用可能である。

【0022】

【発明の効果】 以上において説明した本発明の軟磁性ア

トマイズ粉末によれば、程良い異形状で且つ比較的小径の軟磁性アトマイズ粉末となるため、上記粉末を成形して得られる圧粉磁芯では、一定の透磁率が安定して得られると共に、各粉末間で絶縁性がかなり確保され且つ係る磁芯の密度をかなり高められる。従って、上記粉末を用いて得られる圧粉磁芯では、渦電流を減らしコアロスを低減でき、磁芯の成形性も向上するため、その生産性を高め且つ品質を安定させることができる。また、本発明の圧粉磁芯によれば、一定レベルの透磁率を安定して保有し、且つ上記のような低いコアロスの圧粉磁芯を提供することができる。従って、磁気特性に優れ且つ成形精度の高い磁芯となるため、前述したチョークコイル、ノイズフィルタ、アクティブフィルタ等の性能を向上させることが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】(A) は本発明の軟磁性アトマイズ粉末を 2 次元的に示す模式図、(B) はこの粉末を基にして得られる本発明の圧粉磁芯を示す斜視図、(C) は係る磁芯の圧環強度を測定する状態を示す概略図。

【符号の説明】

1 … 軟磁性アトマイズ粉末、 2 … 圧粉磁芯、 L₁ … 長軸、 L₂ … 短軸

【図 1】

